

## I. АКТУЕЛНОСТ И СТРУКТУРА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

### I.1. Актуелност на истражувањето

Во последната деценија развојот на нови композитни материјали раководејќи се од критериумите на индустријата, техничко-економските и еколошките критериуми се повеќе е насочен кон добивање на материјали со добри механички својства при мали трошоци, а притоа - “пријателски” за околината (“eco-friendly”).

Наметнатите еколошки опасности од пренатрупувањето на пластичниот отпад и од намалувањето на природните ресурси, нафтата и сите сировини сврзани со натамошното производство на мономери, ја поттикнуа потребата за примена на природни материјали, особено оние од обновливите ресурси, во добивање на композити, како и испитувањата на можноста за нивна повторна употреба.

Полимерните композити се материјали кои содржат неколку составни конститuentи, како влакна, матрица и адитиви, што го комплицира третманот на отпадот. Моментално, методи кои се користат за третман на полимерните композити на крајот на работниот век се главно депонирањето и спалувањето. Како приоритетен метод за голем број на материјали се смета рециклирањето, што секако зависи од типот на материјал. За конвенционалните материјали, како челик и алуминиум, се применуваат добро познатите методи за рециклирање. Но, тоа не е случај со полимерните композити. Рециклирањето на полимерните композити е комплициран процес, особено на термореактивните. При спалување, термореактивните композити јагленосуваат, а тоа може да се искористи за обновување на енергијата [1].

Композитите со природни влакна може термички да се рециклираат без притоа да се создадат големи количества на згура, за разлика од композитите со стаклени влакна кои предизвикуваат проблеми во печките за согорување.

Денес се повеќе се зголемува притисокот врз производителите на материјали и крајни производи да го земат предвид и влијанието што го имаат нивните производи врз околината, почнувајќи од процесот на производство, циклусот на примена и крајното отстранување на производите. Ваквиот “еко-дизајн” стана филозофија која поинтензивно се применува за се поголем број на материјали и крајни производи. Овие барања во комбинација со неопходните производствени трошоци од неодамна поттикнуа значителен интерес за добивање на еко-композитни материјали, така што фокусот на академскиот свет, како и на многу индустрии, се повеќе е насочен кон композити зајакнати со природни влакна. Комбинацијата на интересни механички и физички својства на природните влакна, заедно со нивниот “пријателски” однос кон околината, поттикнуа различни активности во областа на еко-композитите така што многу Европски универзитети и институции започнаа истражувања во оваа област преку бројни еколошки програми [2-5].

Оттука произлезе и мотивот и определбата за темата на дисертацијата.

За разлика од конвенционалните композити, кај полимерните еко-композити постои потребата од етапи на подготовка на природната сировина-зајакнувачот во смисла на сушење, површинска обработка, мелење-дробење и сл. Изборот на постапките и условите на процесирање за добивање на еко-полимерен композитен материјал се од особена важност, бидејќи во голем степен влијаат на својствата на добиениот материјал и цената на крајниот производ. За сите техники на процесирање на композитните материјали неопходно е при одредена температура и за одредено време да се примени доволен притисок, со цел од течната маса зајакнувач-матрица да се добие димензионо стабилен композит. При добивање на композитни материјали со термореактивна матрица треба да се обезбеди доволно долго време да заврши процесот на вмрежување и да се добие стабилен производ пред да се извади од калапот, додека пак кога се користи термопластична матрица, со оглед на тоа што материјалот треба само да се олади, времето на задржување во калапот е значително пократко.

Затоа, особен научен, но и практичен предизвик претставуваат истражувањата на технологиите за добивање на еко-композитни материјали, оптимизацијата на параметрите на процесот, нивната карактеризација, како и испитувањата на можноста и условите за нивно рециклирање и евентуална повторна употреба, споредбено со третманот на одделни термореактивни композитни системи [8].

## I.2. Структура на истражувањето

Во дисертацијата предмет на истражување се полимерните композити на база на термопластични и биоразградливи матрици и природни зајакнувачи и нивната споредба со конвенционалните, на база на термореактивни и термопластични полимерни матрици.

Сите истражувања кои се направени во рамките на оваа докторска дисертација се од апликативен карактер и во функција на основната цел, а имено: развој на комплетна технологија за производство на полимерни еко-композити, споредливи со конвенционалните, кои финализирани во конструкционен композитен материјал, ќе дадат квалитетен и еколошки прифатлив производ.

Истражувањата се реализирани преку следните активности:

1. Производство на полимерни еко-композити врз основа на:

- термопластични матрици: биотразградлива полимлечна киселина (*poly(lactic acid) PLA*) и рециклирачки полипропилен (*polypropylene PP*) и
- природни зајакнувачи: кенаф влакна и оризови лушпи.

При производството на полимерните композити се користеа различни типови на предформи: импрегнирани ленти за пресување или SMC (SMC-Sheet moulding compound) и екструдирани композитни палети (гранули). Со цел да се подобри меѓуфазната адхезија, полимерните композити се компатибилизираа со користење на соодветен реактивен компатибилизирачки агенс. Полимерните композити се произведуваа со примена на најчесто користените техники за производство на композити: компресионо и инјекционо пресување и со користење на постоечката технолошка опрема во погоните на 11 Октомври Еурокомпозит-Прилеп и Канонада-Прилеп, но со извесни прилагодувања. Се оптимизираа условите за нивно производство и се анализираа физичко-механичките карактеристики на композитите од аспект на применета техника за производство, присуство на компатибилизирачки агенс, тип на предформа.

2. Со цел да се споредат полимерните композити врз основа на природни влакна со конвенционалните врз основа на технички влакна, произведени се и конвенционални ламинирани композити врз основа на:

- полимерен систем: термореактивна фенол-формалдехидна матрица модифицирана со термопластичен полимер (поливинилбутирал) и
- зајакнувачки технички влакна: стаклени, полиамидни, арамидни и високоперформансни полиетиленски (HPPE) влакна.

Извршена е импрегнација на зајакнувачот во форма на ткаенина, а потоа компресионо пресување на импрегнираниот материјал (препрегот). Многу типови на композити врз основа на термопластични матрици зајакнати со природни влакна се споредувани со конвенционалните композити на основа на епоксидна смола зајакната со стаклени влакна. Затоа, во дисертацијата е избран полимерен систем врз основа на модифицирана фенол-формалдехидна смола, за кој е оптимизиран соодносот термореактивна/термопластична матрица, како и соодносот зајакнувач~/полимер, за производство на композитите, кои претставуваа споредбена паралела во однос на добиените својства кај еко-системите.

3. Направени се и истражувања насочени кон определување на можностите за повторна употреба на композитите. За таа цел беа применети методите на рециклирање, при што се произведени полимерни еко-композити од повеќекратно рециклирана матрица и од повеќекратно рециклиран композит. За конвенционалните композити на

база на термореактивна полимерна матрица направена е анализа за можните насоки во третманот на истите по завршување на нивниот работен век.

Во дисертацијата се применети лабораториски, полуиндустриски и индустриски техники за производство на композитните материјали и се изработени дополнителни алати, кои беа неопходни за нивното производство. Истражувањата во рамките на дисертацијата се реализирани, во најголем дел во Еурокомполит како и во други фирми (Канонада) кои се занимаваат со проблематиката на композитни материјали. Дел од испитувањата се направени во лабораториите на ТМФ, а одделни анализи се реализирани на принципот на платена услуга (во институции во странство), како и во Институтот за полимерни материјали во Италија (Institute of Chemistry and Technology on Polymers – ICTP CNR, Napoly, Italy).

## II. РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА

Еко-комполитите врз основа на термопластичните полимери PP (рециклирачки) и PLA (биоразградлив), зајакнати со кенаф влакна или оризови лушпи, претставуваат нова класа на композити кои, според испитаните својства, можат да се користат како неносечки конструктивни материјали (not-load-bearing constructions) во градежната, индустријата за мебел и во автомобилската индустрија.

Технолошката опрема користена за производство на конвенционалните композити, со определена адаптација, може да се применува и за производство на еко-комполитите. Со тоа се обезбедува цената на самиот процес на пресување на полимерните композити со природни влакна да биде приближна како и за конвенционалните. На тој начин, технологијата за добивање на полимерни еко-комполити претставува потенцијален интерес за производните капацитети сврзани со композитни материјали.

Механичките карактеристики на компресионо пресуваните еко-комполити се пониски во споредба со конвенционалните композити, но се сепак споредливи со многу композити зајакнати со технички влакна, на пример, Јунговиот модул на еластичност на овие композити се движи од 2 GPa до 12 GPa, додека за термореактивните композити зајакнати со кратки влакна типичните се од 10 GPa до 18 GPa.

Компресионо пресуваните SMC предформи покажаа повисоки јачини на удар ( $65,5 \text{ kJ/m}^2$  во споредба со  $52,6 \text{ kJ/m}^2$ ) од компресионо пресуваните композитни пелети, додека вредностите за другите механички карактеристики се приближно еднакви (табели I.1 и I.2). Композитите зајакнати со кенаф влакна, како и што се очекуваше, имаат повисоки вредности за механичките својства во споредба со композитите зајакнати со оризови лушпи. Заради различниот однос на максималната спрема минималната димензија на кенаф влакната и оризовите лушпи (aspect ratio, l/d), различен е и нивниот ефект на зајакнување, но и покрај тоа композитите со оризови лушпи имаат карактеристики споредливи со некои комерцијални конвенционални композити (на пример, композитот со оризови лушпи има јачината на свиткување 31,4 MPa, во споредба со 38 MPa за комерцијален лесонит).

Табела II. 1. Физичко механички карактеристики на компресионо пресуваните SMC полимерни композитни предформи

Карактеристики	Комполит: <b>кенаф/PP</b>	Комполит: <b>кенаф/PLA</b>
Специфична тежина, $\text{g/cm}^3$	$0,93 \pm 0,02$	$1,05 \pm 0,01$
Апсорпција на вода, %	$40,5 \pm 2,15$	$53,0 \pm 3,42$
Запаливост	запалив	запалив
Јачина на свиткување, MPa	$30,1 \pm 1,31$	$29 \pm 1,54$
Модул при свиткување, GPa	$9,0 \pm 0,05$	$10,4 \pm 0,12$
Јачина на удар, ан 5, $\text{kJ/m}^2$	$43,1 \pm 2,26$	$51,6 \pm 3,13$

Јачина на удар, ан 10, kJ/m <sup>2</sup>	65,5±3,18	68,0±4,16
Јачина на притисок, МПа	17,4±1,38	20,9±1,61
Модул при притисок, GPa	5,36±0,23	7,54±0,35
Јачина на истегнување, МПа	34,34±2,84	52,22±2,12
Модул при истегнување, GPa	5,72±0,03	6,74±0,11

Табела II.2. Физичко-механички карактеристики на компресионо пресувани композитни пелети

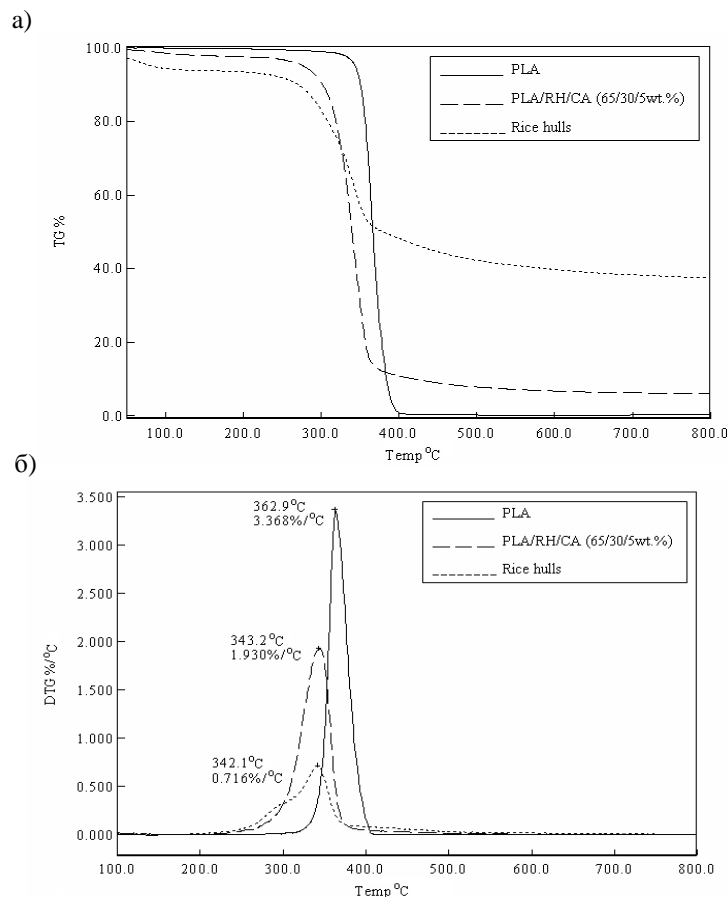
Карактеристики	Композит: PP/кенаф	Композит: PP/оризови лушпи	Композит: PLA/кенаф	Композит: PLA/оризови лушпи
Специфична тежина, g/cm <sup>3</sup>	0,91	0,92	1,02	1,04
Апсорпција на вода, %	32,6±1,32	34,7±1,21	44,8±2,32	48,4±2,25
Јачина на свиткување, МПа	38,7±3,5	31,4 ± 2,4	26,1±2,35	12,5±4,3
Модул при свиткување, GPa	1,96±0,14	1,45±0,16	1,75±0,26	2,83±0,23
Јачина на удар, ан 5, kJ/m <sup>2</sup>	42,1±2,14	36,7±2,31	20,3±1,43	14,1±1,62
Јачина на удар, ан 10, kJ/m <sup>2</sup>	52,6±2,82	42,3 ±1,87	23,4±2,45	21,6±1,83
Јачина на притисок, МПа	26,3±2,15	19,2±1,54	13,8±1,67	10,8±0,84
Модул при притисок, GPa	1,07±0,14	0,98±0,18	0,82±0,14	0,96±0,11
Јачина на истегнување, МПа	18,65±2,48	10,56 ± 2,12	16,42 ±4,12	12,28 ± 1,24
Модул при истегнување, GPa	0,85 ±0,05	1,04 ± 0,06	1,17 ± 0,28	1,43± 0,31

Произведените еко-композити со примена на реакциона компатибилизација на полимерната матрица покажаа супериорни јачини и модули во однос на многу типови традиционални материјали врз основа на фенолна смола и природен зајакнувач (како на пример, дрвено брашно), кои се користат во градежната индустрија. Јачините на свиткување на комерцијални плочи што се користат во градежната индустрија, врз основа на фенолна смола зајакната со дрвени влакна се движат во граница од 10,0 до 40,0 МПа додека добиените јачини на компатибилизирани еко-композити се од 28,8 до 51,3 МПа..

Термичката стабилност на композитите зајакнати со природен зајакнувач не е значително променета во однос на термичката стабилност на полимерните матрици, што може да се види од прикажаните термогравиметриски и деривационите термогравиметриски криви за полимерната матрица PLA, полимерниот композит PLA/RH/CA и оризовите лушпи RH на слика II.1.

Табела II.3. Механички карактеристики на компресионо пресовани композитни пелети врз основа на PP и PLA со реактивен агенс (CA) зајакнати со кенаф влакна (K) и оризови лушпи (RH)

Карактеристики	Композит: PP/K/CA	Композит: PP/RH/CA	Композит: PLA/K/CA	Композит: PLA/RH/CA
Специфична тежина, g/cm <sup>3</sup>	0,93	0,94	1,05	1,06
Апсорпција на вода, %	30,4±1,23	31,6±1,18	40,5±2,13	38,3±2,11
Јачина на свиткување, МПа	51,3±4,80	42,6±3,40	46,7±3,43	28,8±6,61
Модул при свиткување, GPa	2,11±0,07	1,94±0,08	2,05±0,13	3,03±0,18
Јачина на удар, ан 5, kJ/m <sup>2</sup>	53,1±3,17	48,6±3,34	38,5±2,83	24,5±1,76
Јачина на удар, ан 10, kJ/m <sup>2</sup>	71,4±4,12	69,2±3,83	54,3±3,92	48,7±3,74
Јачина на притисок, МПа	47,2±2,63	36,3±2,24	34,5±2,17	21,6±1,83
Модул при притисок, GPa	1,86±0,25	1,58±0,13	1,74±0,16	1,46±0,09
Јачина на истегнување, МПа	29,57±3,84	22,68 ± 4,82	28,34 ±6,54	26,68 ± 1,49
Модул при истегнување, GPa	1,65 ±0,025	1,78 ± 0,014	2,87 ± 0,23	2,76± 0,11



Слика II. 1. Термичка стабилност на еко-композитот PLA/RH/CA: а) TGA криви, б) DTG криви

Врз основа на истражувањата за апликативноста на инјекционото пресување за производство на еко-композитите, може да се заклучи дека овие материјали можат да бидат произведени со оваа техника. Имено, финалните делови, иако имаат за приближно 25% пониски механички карактеристики од компресионо пресуваните (слика II. 2), сепак се споредливи и супериорни во однос на многу комерцијални профили изработени од термопласти по истата постапка:

Комерцијални термопластични и еко-композитни финални делови (полуспојки)						
Карактеристики	ABS	PP	PE	PVC	еко-композитен материјал (PP/K/CA)	еко-композитен материјал (PP/K/CA)
Јачина на удар, kJ/m <sup>2</sup>	26,5	23,8	21,2	18,4	38,2	28,1
Јачина на свиткување, МПа	31,6	30,1	28,6	26,6	40,1	32,8
Компресиона јачина, МПа	30,6	32,5	25,4	22,7	27,8	23,5

Произведените ламинирани композити врз основа на термореактивен и термопластичен полимер зајакнати со технички влакна, како стаклени, полиамидни, арамидни, високоперформансни полиетиленски во споредба со еко-композитите (pot-load-bearing construction materials), имаат значајно повисоки механички карактеристики и претставуваат апликативни носечки конструкциони материјали во електро, ракетната, авио-индустријата (табела II.4). Ефектот на зајакнувачката фаза кај овие композити е примарен (односот l/d е еднаков на бесконечност), а испитувањата за влијанието на односот на конституентите врз механичките карактеристики, покажаа дека оптималната количина на матрица во композитот е содржината од 20%, односно 1/4 од содржината на влакната. Во споредба со нив, еко-композитите каде ефектот на зајакнувачката фаза е секундарен, различниот однос на конституентите (70% зајакнувач /30% матрица и обратно) не влијае значајно врз нивните механички карактеристики.

Анализата на механичките особини на еднонасочните и двонасочните композити врз база на високоперформансни влакна-зајакнувачи, кои исто така можат да се подвргнат на преобликување и рециклирање, и ги задоволуваат еколошките стандарди, покажаа дека еднонасочните композити имаат многу подобри механички особини.

Табела II.4. Механички карактеристики на композитите со однос на конституенти матрица/влакна 20/80

Карактеристика	Композити со однос фенол-формалдехидна смола / влакна 20/80 % mas.			
	Стаклена ткаенина / смола	Полиамидна ткаенина / смола	Арамидна ткаенина / смола	HPPE ткаенина / смола
Јачина на истегнување, МПа	333	192	759	719
Модул при истегнување, GPa	13,7	3,35	40,1	38,2
Издолжување, %	2,43	5,72	1,89	1,88
Јачина на свиткување, МПа	422	322	789	740
Јачина на притисок, МПа	380	282	326	319
Јачина на удар, Charpy, kJ/m <sup>2</sup>	259	236	326	319
Јачина на смолкнување, МПа	79,5	72,9	55,6	52,9

Произведените еко-композити со рециклирана PP матрица покажаа механички својства многу блиски до својствата на композитот со чиста PP матрица, додека кај еко-композитите со рециклирана PLA матрица механичките својства се намалени за околу 50% (табела II.5). Термичката стабилност на композитите со рециклирана матрица не е променета во однос на термичката стабилност на почетниот композит (табела II.6). Во согласност на овие резултати се и SEM анализите кои укажуваат на добра меѓуфазна адхезија меѓу рециклираниот полимер и зајакнувачката фаза. Повеќекратно рециклираните PP и PLA-матрици можат успешно да се користат за производство на полимерни еко-композитни материјали.

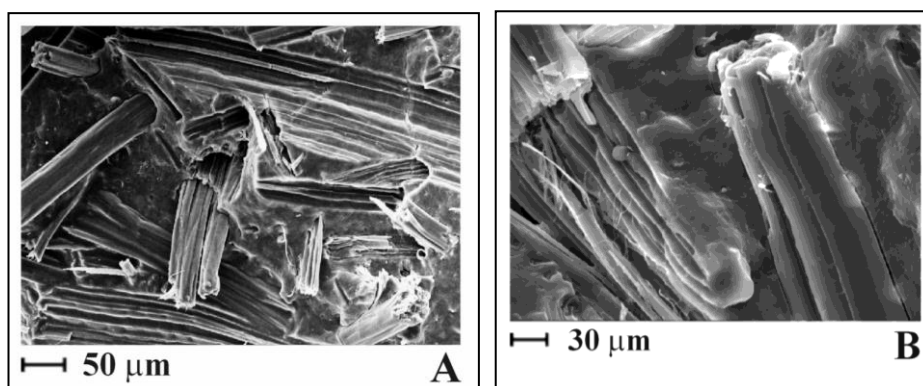
Табела II.5. Резултати од тестот за свиткување на композити со рециклирана матрица

Примероци композити	Јачина на свиткување (МПа)	Модул при свиткување(GPa)
PP / RH / CA	42,6 ± 3, 4	1,94 ± 0,082
PPx1 / RH / CA	42,2 ± 1,2	1,82 ± 0,041
PPx2 / RH / CA	39,6 ± 4,6	1,84 ± 0,063
PP / K / CA	51,3 ± 4,8	2,11 ± 0,068
PPx1 / K / CA	51,1 ± 3,0	2,35 ± 0,204
PLA / RH / CA	28,8 ± 6,6	3,03 ± 0,182
PLAx1 / RH / CA	14,8 ± 1,3	2,27 ± 0,457
PLA / K / CA	46,7 ± 2,8	5,49± 0,312
PLA x1 / K / CA	26,8 ± 5,7	4,37± 0,124

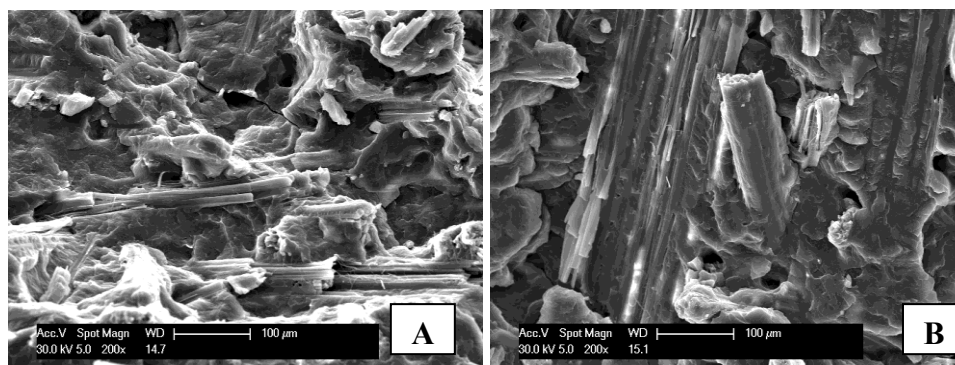
Табела II.6. Деградациони температури  $T_d$  за композитите со чиста и рециклирана PP матрица определени со TGA при остаток на маса од 90% ( $T_{d90}$ ), 50% ( $T_{d50}$ ) и 10% ( $T_{d10}$ )

примерок композит	$T_{d90} (^{\circ}\text{C})$	$T_{d50} (^{\circ}\text{C})$	$T_{d10} (^{\circ}\text{C})$
PP / RH / CA	344,4	411,2	452,2
PPx1 / RH / CA	309,1	385,2	458,8
PPx2 / RH / CA	343,5	406,0	475,3
PP / K / CA	356,8	408,9	442,0
PPx1 / K / CA	356,9	412,3	443,8
PLA / RH / CA	336,3	383,5	567,2
PLAx1 / RH / CA	299,4	341,7	529,7

Врз основа на испитуваните механички и термички својства и морфолошките анализи на репроцесираните еко-композити, може да се заклучи дека полимерните еко-композити кои беа предмет на истражување во оваа докторска дисертација, претставуваат потенцијален материјал за повторно користење после нивното рециклирање. Со репроцесирање на композитите се подобри атхезијата влакно-матрица, што јасно се гледа од SEM-анализите, а се потврдува со добиените блиски вредности за механичките карактеристики и термичката стабилност во споредба со почетниот композит (табела II.7 и II.8). Од SEM-анализите дадени на слика II. 2 и слика II. 3 јасно може да се види разликата од некомпатибилизиран и компатибилизиран полимерен композитен материјал како и добрата атхезија влакно-матрица на рециклираните композити еден и два пати (PP/K/CA (x1); PP/K/CA (x2)). Композитите со PLA матрица се поосетливи на репроцесирање, додека композитите со PP матрица покажаа и повисоки механички својства и термичка стабилност по повеќекратно репроцесирање.



Слика II.2 A). SEM микрофотографија за некомпатибилизиран композит PLA/K и за компатибилизиран композит PLA/K/CA



Слика II.2 A). SEM микрофотографија за рециклиран композит A) PP/K/CA (x1) и B) PP/K/CA (x2)

Табела II.7. Резултати од тестот за свиткување на рециклираните еко-композити

<i>примероци композити</i>	Јачина на свиткување (МПа)	Модул при свиткување (GPa)
PP / RH / CA	42,6 ± 3, 4	1,94 ± 0,08
PP / RH / CA (x1)	44,8 ± 3,0	1,88 ± 0,16
PP / RH / CA(x2)	38,5 ± 7,2	1,91 ± 0,06
PP / K / CA	51,3 ± 4,8	2,10 ± 0,07
PP / K / CA (x1)	51,8 ± 9,1	2,53 ± 0,18
PP / K / CA (x1)	48,7 ± 4,7	2,57 ± 0,08
PLA / RH / CA	28,8 ± 6,6	3,03 ± 0,18
PLA / RH / CA (x1)	12,1 ± 4,8	3,21 ± 0,38
PLA / RH / CA (x2)	10,7 ± 2,5	3,31 ± 0,18

Табела III.27. Деградациони температури  $T_d$  за основните и рециклираните композити определени со TGA при остаток на маса од 90% ( $T_{d90}$ ), 50% ( $T_{d50}$ ) и 10% ( $T_{d10}$ )

<i>примерок композит</i>	$T_{d90}(^{\circ}C)$	$T_{d50}(^{\circ}C)$	$T_{d10}(^{\circ}C)$
PP / RH / CA	344,4	411,2	452,2
PP / RH / CA (x1)	336,7	409,9	471,0
PP / RH / CA (x2)	322,6	389,0	455,3
PP / K / CA	340,6	408,9	442,0
PP / K / CA (x1)	343,1	413,7	447,0
PP / K / CA (x2)	344,3	414,9	448,8
PLA / RH / CA	336,3	383,5	567,2
PLA / RH / CA (x1)	294,4	328,5	517,3
PLA / RH / CA (x2)	289,1	328,5	531,1

Од практична гледна точка, испитувањата покажаа дека полимерните еко-композитни материјали кои беа предмет на истражување во докторската дисертација, произведени со двете техники: компресионо и инјекционо пресување, поседуваат ценета комбинација на својства. Нивните механички карактеристики се пониски од оние на конвенционалните композити, зајакнати со технички влакна, но можат да бидат алтернатива за неносечки конструкциони елементи како панели за врати, внатрешни и надворешни прегради, тавански и подни панели во градежната индустрија, елементи во индустријата за намештај и во автомобилската индустрија. Исто така, еко-композитите можат успешно да се рециклираат и повторно да се користат за истата цел.

Во дисертацијата покажана е и можноста за рециклирање и повторна употреба на термореактивни композитни материјали на база на модифицирана фенол-формалдехидна смола, со примена на рециклотот во зајкнување на композити – прес маси, што веќе претставува основа за воведен технолошки процес во Еурокомпозит, Прилеп.



ТРУДОВИ ПРОИЗЛЕЗЕНИ ОД ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА

I. Печатени трудови во меѓународни списанија:

1. V.Srebrenkoska, G.Bogoeva-Gaceva, M.Avella, M.E.Erico and G.Gentile, Recycling of polypropylene based eco composites, *Polymer International* Vol. **57**:1252-1257, (2008);
2. V.Srebrenkoska, G.Bogoeva-Gaceva and D.Dimeski, Composite material based on ablative phenolic resin and carbon fibers, *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol. **74**: 441-453 (2009);
3. B.Dimzoski, G.Bogoeva-Gaceva, G.Gentile, M.Avella, M.E. Errico, and V.Srebrenkoska, Preparation and characterization of poly(lactic acid)/rice hulls based biodegradable composites, *Journal of Polymer Engineering*, Vol. 28: 369-384(2008);
4. V.Srebrenkoska, G.Bogoeva-Gaceva and D.Dimeski , Comparison of the conventional molding techniques for preparation of polymer eco-composites, *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, accepted, (2009);
5. V.Srebrenkoska, G.Bogoeva-Gaceva, M.Avella, M.E.Erico and G.Gentile, Utilization of recycled polypropylene for production of eco-composites, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, submitted, (2009);

II. Трудови презентирани на конгреси

1. V.Srebrenkoska, M.E.Ericco, B.Dimzoski, G.Gentile, M.Avella, G.Bogoeva-Gaceva, "Thermoplastic eco-composites:possibilities of recycling", ICOSECS 6, Sofia,September 2008
2. M.Avella, G.Gentile, G.Bogoeva-Gaceva, M.E.Ericco, A.Grozdanov, A. Buzarovska, V.Srebrenkoska, "Recycling and reuse facilities of lignocellulosic material filled eco-composites", Stocholm, 2-5 June, 2008
3. D. Dimeski, Z. Manov, V. Srebrenkoska, A. Grozdanov, G. Bogoeva-Gaceva, M. Avella, V. Zucchini "Kenaf fiber/Polypropylene composites as potential material for partitioning panels in buildings", 12<sup>th</sup> European Conference on Composite Materials ECCM 12, Biarritz, 29th August – 1st September 2006
4. В.Сребренкоска, Д. Димески, Г. Богоева-Гацева, А Грозданов, А. Бужаровска, "Characterization of kenaf/PLA composites", Петта интернационална конференција, ICOSECS 5, Охрид, Македонија, Септември 10 - 14, 2006
5. В. Сребренкоска, Н. Лучески, Г. Богоева-Гацева, "Својства на пултрudirани композити со стаклени влакна", 18 Конгрес на хемичарите и технолозите на Македонија, Охрид, Септември 23-25, 2004
6. В. Сребренкоска, Г. Богоева-Гацева, Д. Димески, "Својства на пултрudirани материјали со разни типови полимерна матрица", Научна конференција со меѓународно учество - Производство и менаџмент во 21 век, охрид, Септември 16 - 17, 2004